

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Харківська національна академія міського господарства

М.А. Засядько, Л.І. Колодій

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи, підготовки до практичних занять та виконання
розрахунково-графічних і контрольних робіт з курсу опору матеріалів розділу
„Розтяг-стиск”

(для студентів 2 курсу денної форми навчання
за напрямом 6.030601- “Менеджмент”
з професійного спрямування «Менеджмент організацій будівництва»)

Методичні вказівки до самостійної роботи, підготовки до практичних занять та виконання розрахунково-графічних і контрольних робіт з курсу опору матеріалів розділу „Розтяг-стиск”(для студентів 2 курсу денної форми навчання за напрямом 6.030601- “Менеджмент” з професійного спрямування «Менеджмент організацій будівництва). / Укл. Засядько М.А., Колодій Л.І.– Харків: ХНАМГ, 2009. – 24с.

Укладачі: М.А. Засядько, Л.І. Колодій

Рецензент: завідувач кафедри управління проектами в міському господарстві і будівництві проф. Бабаєв В.М.

Рекомендовано кафедрою теоретичної і будівельної механіки,
протокол №17 від 24.06.09

ВСТУП

Ці методичні вказівки призначені для самостійної роботи студентів при підготовці до практичних занять і виконання розрахунково-графічного завдання. Вони містять теоретичні положення, приклади розрахунків стержнів на розтяг або стиск, вихідні дані для завдання.

Перш за все необхідно ознайомитися з теоретичним матеріалом в [1-5] і у розділі 2 цих методичних вказівок. Для закріплення теоретичного матеріалу треба знайти відповіді на запитання, які наведені у розділі 2.

1. ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

При розтягу–стиску (рис. 1а, 2а) прямого стержня в його поперечних перерізах діє тільки один внутрішній силовий фактор – поздовжня сила N . Поздовжні сили, які спричиняють деформацію розтягу, вважають додатними, а деформацію стиску – від’єними. При розтягу поздовжня сила спрямована від перерізу (рис. 1,б), а при стиску – до перерізу (рис. 2,б)

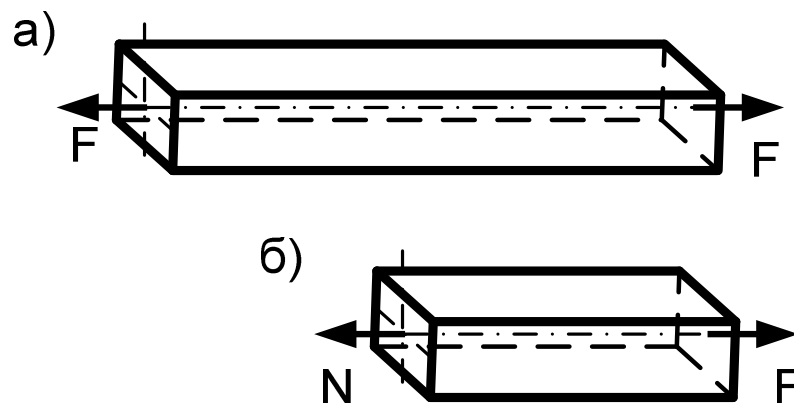


Рис. 1

Значення і напрямлення (знак) поздовжньої сили визначаються з рівняння рівноваги, яке складається для лівих (правих) відносно поперечного перерізу, яким розтинаємо стержень, сил. В тих випадках, коли поздовжні сили в різних перерізах стержня неоднакові, закон їх змінювання уздовж осі стержня зручно навести у вигляді графіка, який називають епюрою поздовжніх сил. Для

побудови епюри стержень розділяють на ділянки. Межами ділянок повинні бути місця прикладання зосереджених сил і перерізи, в яких змінюється розмір поперечного перерізу. Для кожної ділянки вираз функції поздовжньої сили має свій вигляд.

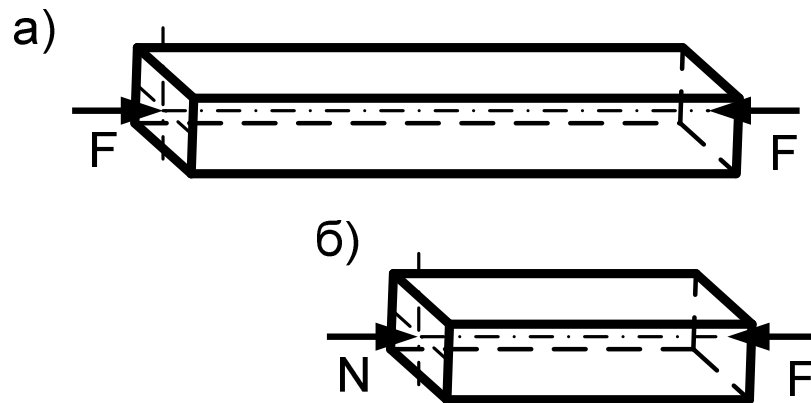


Рис. 2

Епюру поздовжніх сил будують щоб використати її для розрахунку стержня на міцність. Вона дозволяє знайти найбільше значення поздовжніх сил і місце знаходження перетину (небезпечного), в якому вони виникають найбільші напруження. При розтягу (стиску) стержня в його поперечних перерізах виникають тільки нормальні напруження σ , які розподілені по площі перерізу рівномірно (рис 3).

Рівнодіюча сила нормальних напружень в перерізі стержня – це поздовжня сила N

$$N = \int_A \sigma dA = \sigma A \quad (1.1)$$

Звідки

$$\sigma = \frac{N}{A}, \quad (1.2)$$

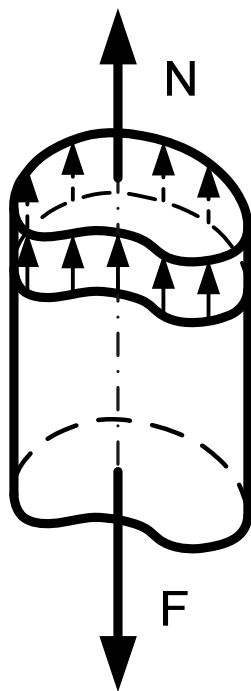


Рис. 3

де A – площа поперечного перерізу.

Умова міцності

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma], \quad (1.3)$$

де $[\sigma]$ – допустимі нормальні напруження, найбільші напруження, які допускають в конструкції із умов її безпеки, надійності і довговічності.

В залежності від цілі розрахунку розрізняють три види розрахунків на міцність: 1) перевірний, 2) проектний і 3) визначення допустимого навантаження.

При перевірному розрахунку визначенню підлягає найбільше розрахункове напруження, яке порівнюють з допустимим (1.3). При цьому навантаження стержня, його матеріал (отже допустиме напруження) і розміри відомі.

При проектному розрахунку навантаження і матеріал (допустимі напруження) відомі і з формули (1.3) (з урахуванням (1.2)) визначають потрібну площу поперечного перерізу стержня:

$$A \geq \frac{N_{\max}}{[\sigma]}, \quad (1.4)$$

де N_{\max} – максимальна поздовжня сила в стержні.

В деяких випадках перевірний розрахунок зручно вести у формі визначення допустимого навантаження. У такому випадку розміри стержня і його матеріал (допустиме напруження) відомі, а визначенню підлягає навантаження, яке можливо допустити з умов його міцності.

Вміння визначати деформації і переміщення необхідні для розрахунків на жорсткість. Для визначення зміни довжини стержня, коли поперечний переріз A сталий і поздовжня сила N в усіх перерізах однакова, використовують формулу Гука

$$\Delta l = \frac{N \cdot l}{E \cdot A}, \quad (1.5)$$

де EA – жорсткість перетину при розтягу (стиску); E - модуль пружності 1-го роду (модуль Юнга), це фізична стала данного матеріалу, яка характеризує його жорсткість.

У випадках, коли поперечний переріз стержня і поздовжня сила змінюються стрибкоподібно, зміна довжини стержня (подовження або вкорочення) дорівнює алгебраїчний сумі змін довжини його окремих ділянок

$$\Delta l = \sum_{i=1}^k \Delta l_i. \quad (1.6)$$

При розтягу (стиску) стержня його поперечні перерізи переміщуються вздовж його осі. Переміщення це – наслідок деформації стержня. Але ці поняття потрібно розрізняти. Наприклад, у стержні на рис. 4 деформується лише ліва частина стержня (ділянка АВ), а ділянка ВС переміщується як абсолютно жорстке тіло.

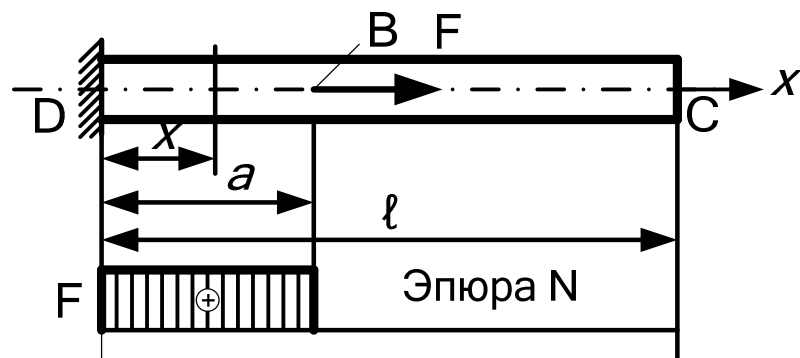


Рис. 4

Переміщення λ всіх перетинів цієї ділянки однакові і дорівнюють подовженню ділянки АВ стержня

$$\lambda_B = \lambda_C = \Delta l_{AB} = \frac{Fa}{EA}, \quad (1.7)$$

Для закріплення теоретичного матеріалу необхідно відповісти на такі запитання:

1. Яку деформацію стержня спричиняє додатня поздовжня сила?
2. Яку деформацію стержня спричиняє від'ємна поздовжня сила?
3. Як визначити значення поздовжньої сили в перерезі стержня?
4. Що називається епюрою поздовжніх сил?
5. За яким принципом стержень розділяється на ділянки для побудови епюри поздовжніх сил?
6. Як визначаються нормальні напруження при розтягу (стиску)?
7. За якою залежністю визначається зміна довжини стержня при розтягу (стиску)?
8. Що є жорсткістю перетину при розтягу (стиску)?
9. Що являє собою модуль Юнга?
10. Які величини пов'язує між собою закон Гука?

2. ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Після перевірки засвоєння теоретичного матеріалу необхідно розглянути приклади розрахунків стержнів на розтяг – стиск.

Приклад 1

Побудувати епюру поздовжніх сил для стержня, який зображено на рис. 5.

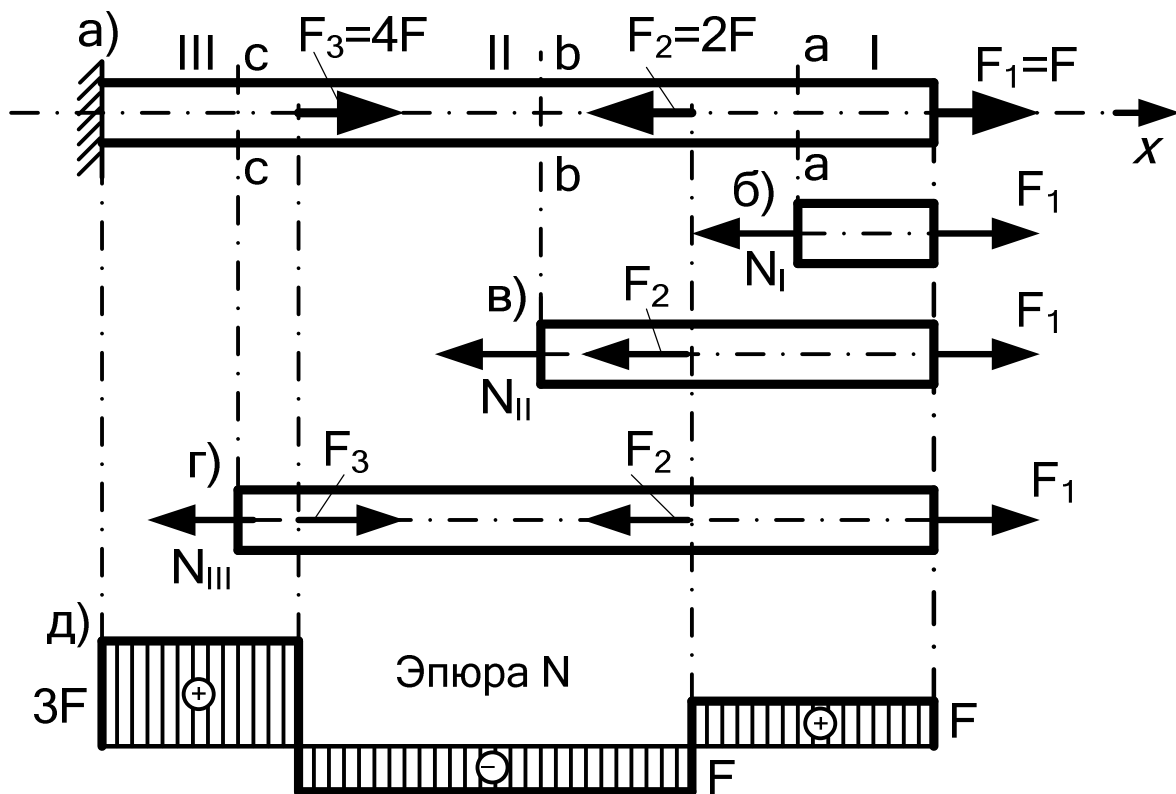


Рис. 5

Розв'язання

Розподіляємо стержень на ділянки, починаючи з вільного кінця стержня. Межами ділянок є перерізи, в яких прикладені зовнішні сили. Застосовуємо метод перерізів, залишаємо праву і відкидаємо ліву частину стержня: це дозволяє не визначати реакцію затиснення. Проведення довільного перерізу а-а на ділянці I дозволяє скласти для частини стержня, яка зображена окремо на рис. 5,б , рівняння рівноваги

$$\sum X = 0,$$

або

$$F - N_I = 0.$$

Звідки

$$N_I = F$$

У всіх поперечних перерізах цієї ділянки поздовжня сила стала. Те саме відноситься і до решти ділянок стержня, тому неістотно, де проводити переріз в межах тієї чи іншої ділянки.

Проведення перерізу в-в на ділянці II і розглядання правої частини стержня (рис. 5,в) дозволяють з рівняння рівноваги

$$\sum X = F_1 - F_2 - N_{II} = F - 2F - N_{II} = 0$$

визначити

$$N_{II} = -F.$$

Знак мінус вказує на те, що направлення сили N_{II} протилежне зображеному на рис.5,в, тобто сила N_{II} направлена до перерізу, отже ділянка II зазнає стиск.

Аналогічно визначаєм поздовжню силу у довільному перерізі с-с ділянки III (рис. 5,г)

$$N_{III} = 3F.$$

Для визначення поздовжніх сил нема необхідності зображати кожен раз окремо відсічену частину стержня, потрібно знайти алгебраїчну суму проекцій на вісь стержня зовнішніх сил, прикладених з однієї від перерізу сторони (справа або зліва).

Застосовуючи метод перерізів, можна було кожен раз залишати ліву і відкидати праву частину стержня. В такому випадку розв'язання потрібно починати з визначення реакції затиснення (рис. 5,а) тому, що ця реакція відноситься до зовнішніх сил, які прикладені до залишеної (лівої) частини стержня.

Для побудови епюри N проводимо вісь абсцис графіку (вісь або базу епюри) паралельно вісі стержня (рис 5,д). В межах кожної ділянки поздовжня сила стала, тобто епюра паралельна вісі абсцис. Значення поздовжніх сил

відкладаємо в обраному масштабі від осі епюри. Додатні значення N (розтяг) відкладаєм вгору, а від’ємні – вниз від осі.

В місцях прикладання зосереджених сил на епюрі виходять стрибкоподібні зміни ординат – „стрибки”. Значення „стрибка” дорівнює прикладеній у відповідному місці стержня зовнішній зосередженій силі. При навантаженні стержня зосередженими силами епюра N завжди має такий характер, як у розглянутому прикладі. Епюру прийнято штрихувати. Штриховка перпендикулярна осі епюри – кожна лінія штриховки (ордината графіка) у прийнятому масштабі визначає величину поздовжньої сили у відповідному поперечному перерізі стержня.

Приклад 2

Для стержня зі ступінчасто-перемінним поперечним перерізом (рис. 6,а) побудувати епюри поздовжніх сил і нормальних напружень.

Розв’язання

Застосовуємо метод перерізів і визначаємо поздовжні сили в поперечних перерізах стержня. Будуємо відповідні епюри (рис. 6,б,в). Побудова епюри N принципово нічим не відрізняється від розглянутої у прикладі 1. Величини нормальних напружень визначаємо за формулою (1.2). Значення сил підставляємо у кілоньютонх, а площ – у квадратних сантиметрах.

Для ділянки I

$$\sigma_I = \frac{N_I}{A_1} = \frac{80}{5} = 16 \text{ кН/см}^2,$$

для ділянки II

$$\sigma_{II} = \frac{N_{II}}{A_2} = \frac{80}{8} = 10 \text{ кН/см}^2,$$

для ділянки III

$$\sigma_{III} = \frac{N_{III}}{A_3} = \frac{120}{8} = 15 \text{ кН/см}^2.$$

Аналогічно визначаємо:

$$\sigma_{IV} = 12 \text{ кН/см}^2 \text{ і } \sigma_V = 7 \text{ кН/см}^2.$$

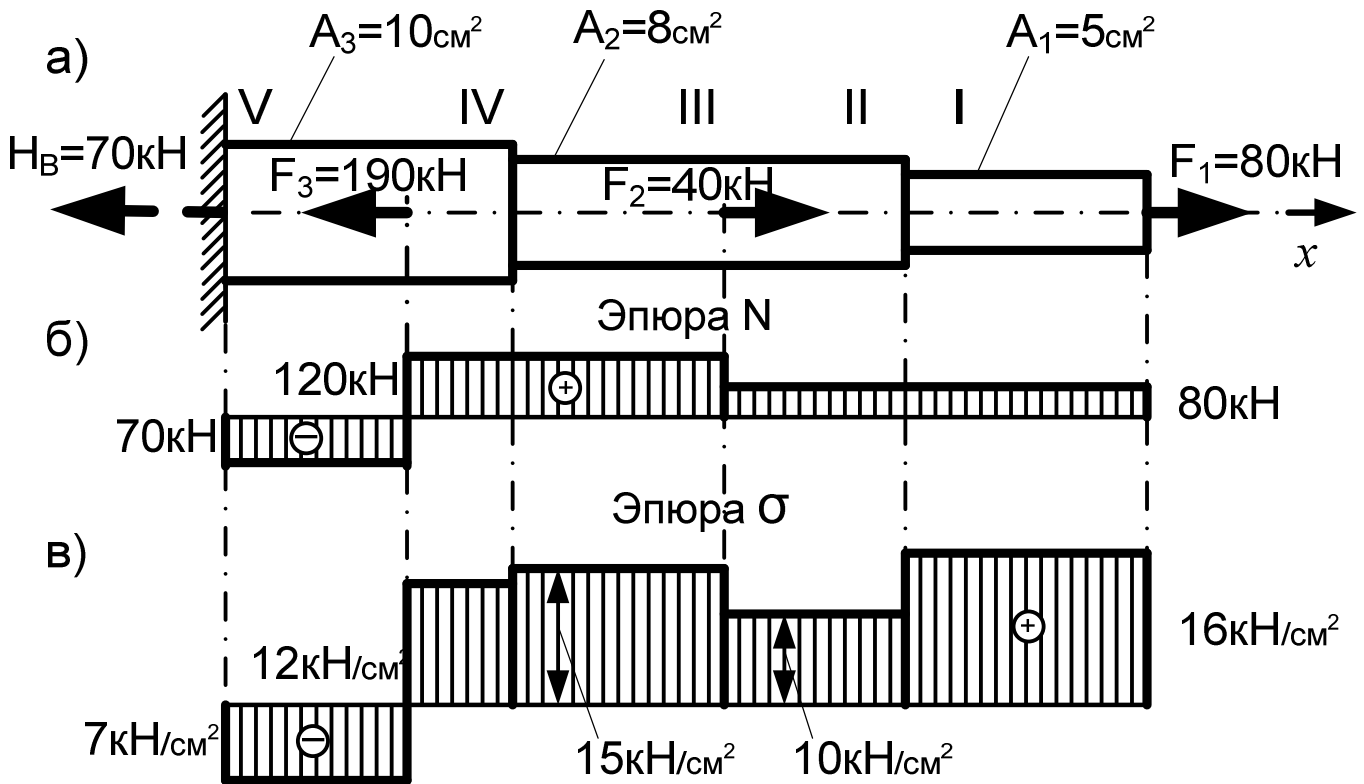


Рис. 6

В межах кожної ділянки напруження сталі, тому епюра на ділянках паралельна осі абсцис (рис. 6, в).

Для розрахунків на міцність важливими є ті перерізи, в яких виникають найбільші напруження. В розглянутому випадку вони не співпадають з перерізами, де поздовжні сили найбільші.

У тих випадках, коли переріз стержня по всій його довжині сталий, епюра σ подібна епюрі N , відрізняється тільки масштабом, і має рацію побудова тільки однієї із зазначених епюр.

Приклад 3

Побудувати епюри поздовжніх сил і нормальних напружень, визначити подовження стержня, який зображено на рис. 7,а.

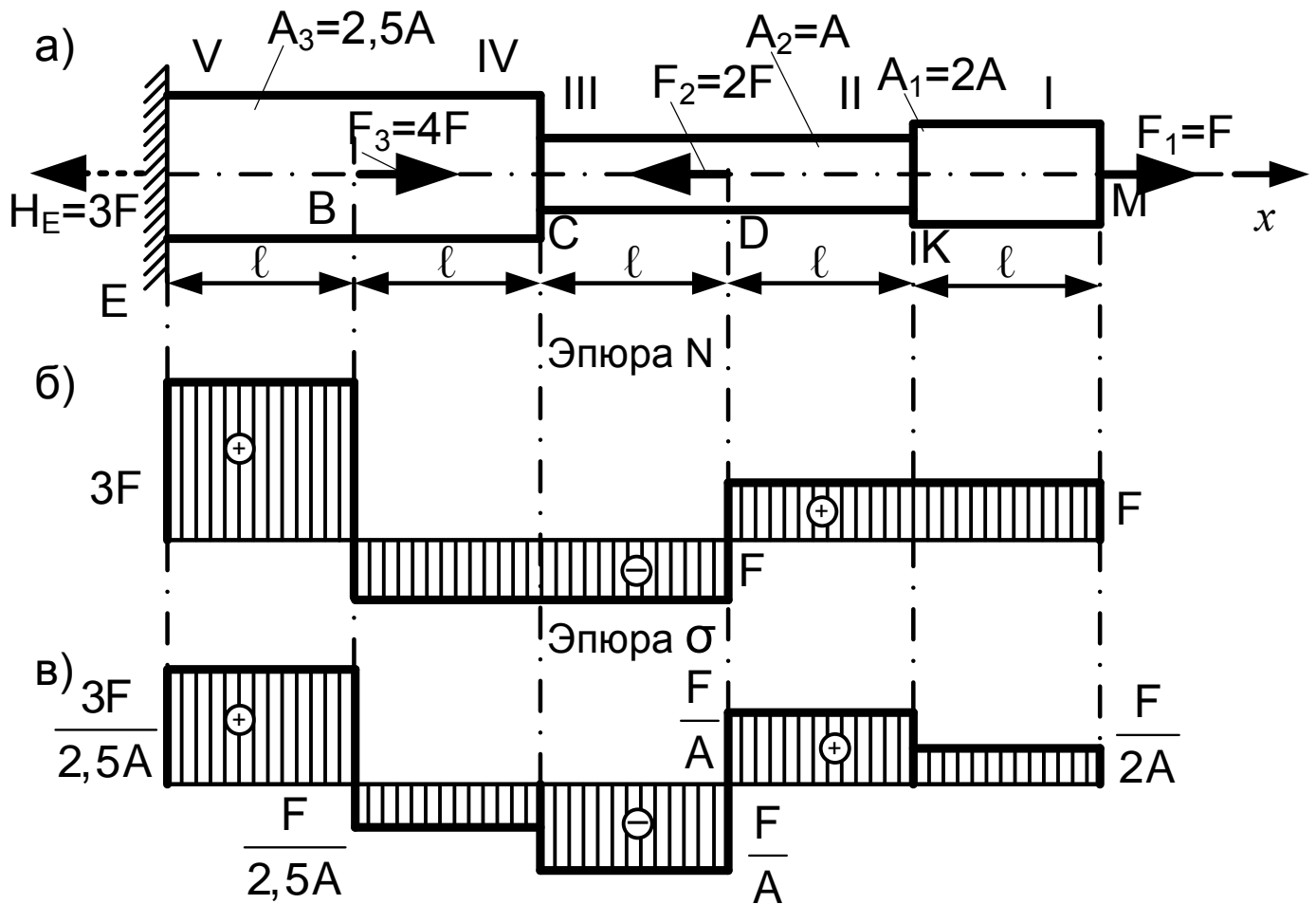


Рис. 7

Розв'язання

Розділяємо стержень на ділянки, починаючи з його вільного кінця. Межами ділянок є перерізи, в яких прикладені зовнішні сили, і місця зміни розмірів перерізів.

Будуємо епюри поздовжніх сил (рис. 7,б) і нормальних напружень (рис 7,в) подібно до прикладів 1 і 2.

Для визначення зміни (подовження чи вкорочення) довжини стержня користуємося співвідношенням (1.5.). Зміну довжини кожної ділянки стержня визначаємо за формулою (1.4):

$$\Delta l_I = \frac{N_I \cdot l_I}{E A_I} = \frac{F \cdot l}{E \cdot 2A},$$

$$\Delta l_{II} = \frac{N_{II} \cdot l_{II}}{E A_{II}} = \frac{F \cdot l}{E \cdot A},$$

$$\Delta l_{III} = \frac{N_{III} \cdot l_{III}}{E A_{III}} = \frac{-F \cdot l}{E \cdot A},$$

$$\Delta l_{IV} = \frac{N_{IV} \cdot l_{IV}}{E A_{IV}} = \frac{-F \cdot l}{E \cdot 2,5A},$$

$$\Delta l_V = \frac{N_V \cdot l_V}{E A_V} = \frac{3F \cdot l}{E \cdot 2,5A}.$$

Тоді для стержня:

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3 + \Delta l_4 + \Delta l_5 = 1,3 \frac{F \cdot l}{E \cdot A}.$$

Приклад 4

Побудувати епюру нормальних напружень, визначити подовження стержня, перевірити міцність стержня, який зображено на рис. 8а, якщо $F_I = 40 \text{ кН}$; $F_{II} = 20 \text{ кН}$; $F_{III} = 70 \text{ кН}$; $l_I = 1,0 \text{ м}$; $l_{II} = 0,8 \text{ м}$; $l_{III} = 0,8 \text{ м}$; $A_{II} = 3 \text{ см}^2$; $A_{III} = 4 \text{ см}^2$; $E = 2,0 \cdot 10^5 \text{ МПа}$; $[\sigma] = 140 \text{ МПа}$.

Розв'язання

Розділяємо стержень на ділянки, починаючи з його вільного кінця. Застосовуємо метод перерізів і визначаємо поздовжні сили N в поперечних перерізах на кожній ділянці: залишаємо ліву і відкидаємо праву частину

стержня. Будемо епюру нормальних напружень (рис. 8,б) подібно до прикладу 3.

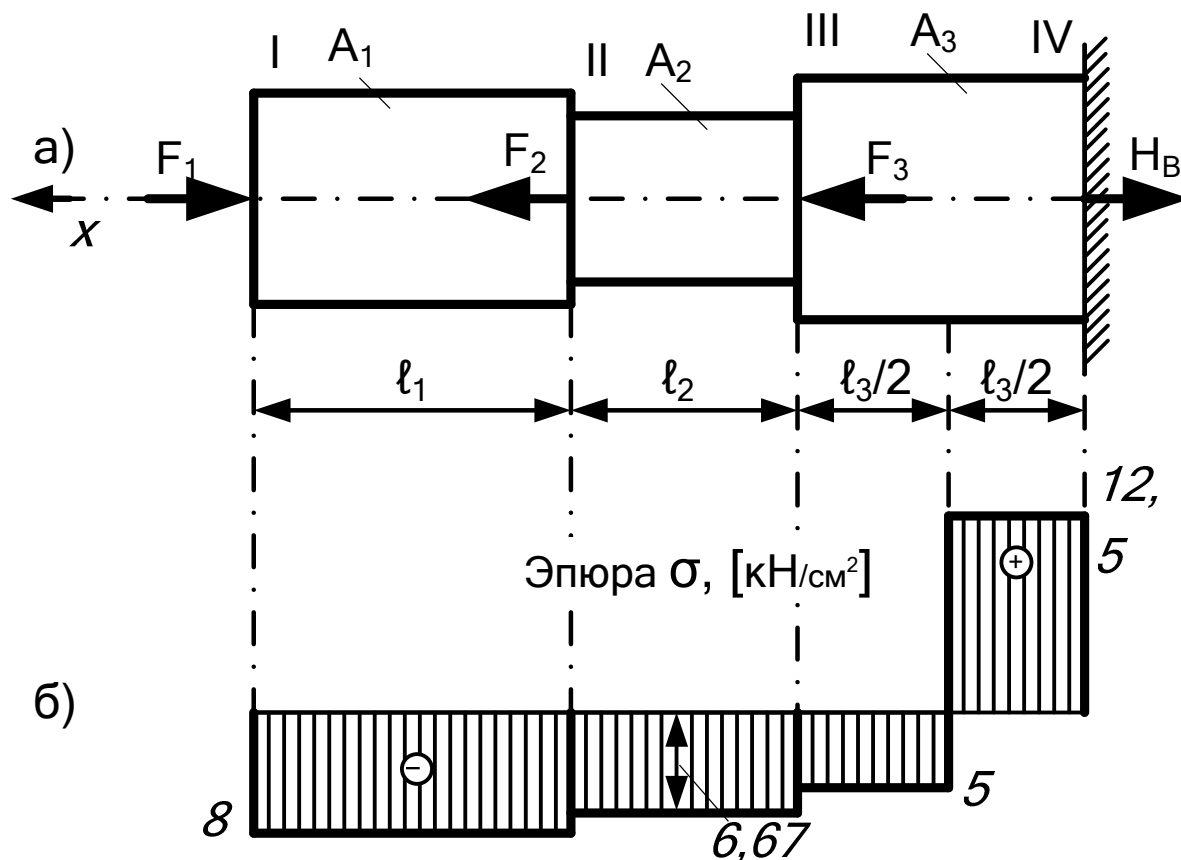


Рис. 8

Значення нормальних напружень на кожній ділянці стержня:

$$\sigma_I = \frac{N_I}{A_I} = -\frac{F_1}{A_I} = -\frac{40}{5} = -8 \text{ кН/см}^2;$$

$$\sigma_{II} = \frac{N_{II}}{A_2} = \frac{F_2 - F_1}{A_2} = \frac{20 - 40}{3} = -6,67 \text{ кН/см}^2;$$

$$\sigma_{III} = \frac{N_{III}}{A_3} = \frac{F_2 - F_1}{A_3} = \frac{20 - 40}{4} = -5 \text{ кН/см}^2;$$

$$\sigma_{IV} = \frac{N_{IV}}{A_3} = \frac{F_2 + F_3 - F_1}{A_3} = \frac{20 + 70 - 40}{4} = 12,5 \text{ кН/см}^2.$$

Для визначення зміни довжини стержня обчислюємо зміни (подовження чи вкорочення) довжини кожної ділянки стержня. Підставляємо значення сил в кілоньютонах, площ в квадратних сантиметрах, довжину стержня в

сантиметрах, допустимі нормальні напруження і модуль пружності в кілоньютонах поділених на квадратні сантиметри.

Враховуємо, що $1 \text{ МПа} = 0,1 \text{ КН/см}^2$:

$$\Delta l_I = \frac{N_I \cdot l_1}{E A_1} = \frac{40 \cdot 1.00}{2,0 \cdot 10^4 \cdot 5} = -0,04 \text{ см};$$

$$\Delta l_{II} = \frac{N_{II} \cdot l_2}{E A_2} = -\frac{20 \cdot 80}{2,0 \cdot 10^4 \cdot 3} = -0,027 \text{ см};$$

$$\Delta l_{III} = \frac{N_{III} \cdot l_3 / 2}{E A_3} = -\frac{20 \cdot 40}{2,0 \cdot 10^4 \cdot 4} = -0,01 \text{ см};$$

$$\Delta l_{IV} = \frac{N_{IV} \cdot l_3 / 2}{E A_3} = \frac{50 \cdot 40}{2,0 \cdot 10^4 \cdot 4} = 0,025 \text{ см}.$$

Зміна довжини стержня:

$$\Delta l = \Delta l_I + \Delta l_{II} + \Delta l_{III} + \Delta l_{IV} = -0,04 - 0,027 - 0,01 + 0,025 = -0,052 \text{ см}$$

Знак мінус вказує, що довжина стержня зменшилася, стержень вкоротився. Для перевірки міцності стержня порівнюємо найбільші нормальні напруження, які діють в стержні (σ_{IV}), з допустимими нормальними напруженнями ($[\sigma]$):

$$\sigma_{IV} = 12,5 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} < [\sigma] = 14 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}.$$

Умова міцності (1.3) виконується – стержень міцний.

Приклад 5

Для системи двох шарнірно з'єднаних стержнів, навантажених, як зображено на рис. 9,а, визначити зусилля в стержнях і їх подовження. З умов міцності підібрати перерізи стержнів, якщо $E = 1,8 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, $[\sigma] = 140 \text{ МПа}$, $F = 75 \text{ кН}$, $l = 3 \text{ м}$, $a = 2 \text{ м}$, $h = 1,5 \text{ м}$.

Розв'язання

Вирізаємо вузол А (рис. 9,б) і складаємо два рівняння рівноваги. Вважаємо, що стержні 1 і 2 розтягнуті (зусилля N_1 і N_2 спрямовані від вузла):

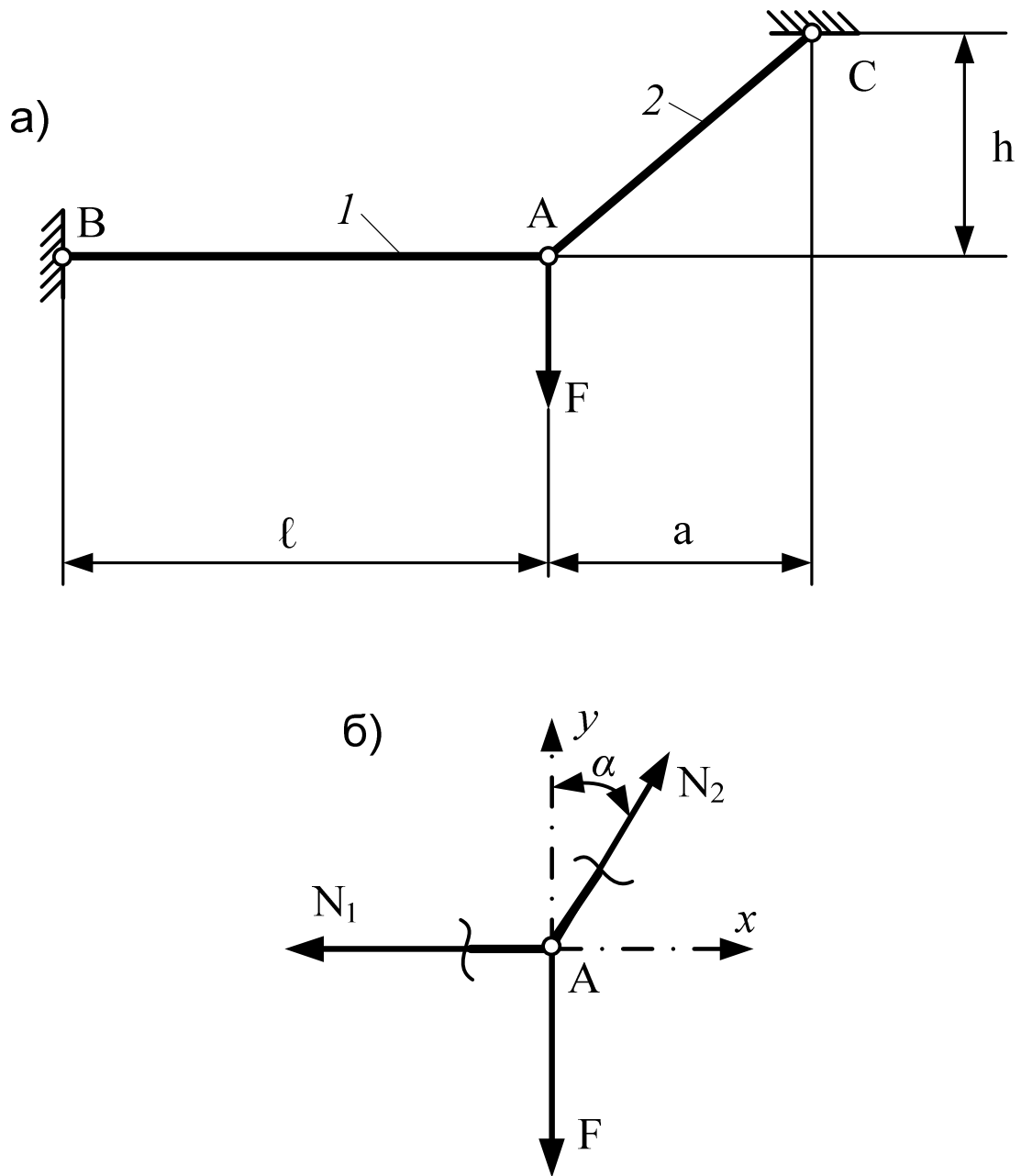


Рис. 9

$$\Sigma X=0; \quad N_2 \sin \alpha - N_1 = 0 ,$$

$$\Sigma Y=0; \quad N_2 \cos \alpha - F = 0 .$$

Звідки
$$N_2 = \frac{F}{\cos \alpha}; \quad N_1 = N_2 \sin \alpha = \frac{F \sin \alpha}{\cos \alpha}.$$

Значення тригонометричних функцій визначаємо за схемою з'єднання стержнів:

$$\sin \alpha = \frac{a}{l_2} = \frac{2}{2,5} = 0,8;$$

$$\cos \alpha = \frac{h}{l_2} = \frac{1,5}{2,5} = 0,6;$$

де
$$l_2 = \sqrt{a^2 + h^2} = \sqrt{2^2 + 1,5^2} = 2,5\text{м} \quad - \text{довжина стержня 2},$$

тоді
$$N_2 = \frac{75}{0,6} = 125\text{кН}, \quad N_1 = \frac{75 \cdot 0,8}{0,6} = 100\text{кН}.$$

Додатні значення сил N_1 і N_2 підтверджують, що стержні 1 і 2 розтягнені. Якщо результатом розрахунку буде від'ємне значення поздовжньої сили, то це значить, що стержень стиснутий.

З умов міцності (1.4) визначаємо потрібну площу поперечного перерізу для кожного стержня:

$$A_1 = \frac{N_1}{[\sigma]} = \frac{100}{140 \cdot 0,1} = 7,14\text{см}^2;$$

$$A_2 = \frac{N_2}{[\sigma]} = \frac{125}{140 \cdot 0,1} = 8,93\text{см}^2.$$

Тепер визначаємо подовження для кожного стержня за формулою (1.5):

$$\Delta l_1 = \frac{N_1 \cdot l_1}{E A_1} = \frac{100 \cdot 200}{1,8 \cdot 10^5 \cdot 0,1 \cdot 7,14} = 0,16\text{см};$$

$$\Delta l_2 = \frac{N_2 \cdot l_2}{E A_2} = \frac{125 \cdot 250}{1,8 \cdot 10^5 \cdot 0,1 \cdot 8,93} = 0,19\text{см};$$

де довжини стержнів підставлені у сантиметрах:

$$l_1 = l = 2\text{м} = 200\text{см};$$

$$l_2 = 2,5\text{м} = 250\text{см},$$

а модуль пружності у кілоньютонах розділених на квадратні сантиметри.

3. ВИХІДНІ ДАНІ І ВКАЗІВКИ ДО РОЗРАХУНКОВО – ГРАФІЧНОГО ЗАВДАННЯ.

Розрахунково – графічне завдання складається з двох задач. Вихідні дані до завдання необхідно взяти з табл.1 та рис 10, 11 за вказівками викладача.

Для виконання задачі 1 необхідно скористатися схемою стержня з рис. 10, для якого потрібно: побудувати епюру нормальних напружень; визначити подовження стержня, перевірити міцність стержня.

Для виконання задачі 2 необхідно розглянути систему з рис. 11, для якої потрібно: визначити зусилля в стержнях, підібрати перерізи стержнів з умов міцності, визначити подовження стержнів.

Усі розрахунки треба оформити на аркушах формату А4. Креслення виконати в масштабі, усі записи повинні бути наведені чітко.

Таблица 1

Задача № 1	ℓ_1 , м	ℓ_2 , м	ℓ_3 , м	A_1 , см ²	A_2 , см ²	A_3 , см ²	F_1 , кН	F_2 , кН	F_3 , кН	$E \cdot 10^5$, мПа	$[\sigma]$, мПа	Задача № 2	ℓ_1 , м	h , м	α , м °	F , кН	$E \cdot 10^5$, мПа	$[\sigma]$, мПа
1	1,1	0,8	0,9	6	4	2	50	22	8	2	160	1	5	3	-	90	2	160
2	1,1	0,8	1,0	1	4	5	10	22	8	2	200	2	3	2	$\frac{2}{-}$	40	1,8	140
3	1,0	0,7	0,9	3	4	2	25	20	18	1,5	120	3	4	3	-	60	1,2	100
4	0,9	1,0	0,8	3	4	2	15	25	20	1,1	100	4	2	1,0	$\frac{1,5}{-}$	40	1,5	120
5	1,3	0,7	1,1	5	3	4	45	20	60	1,0	100	5	4	3	-	120	2,1	190
6	1,0	0,8	0,7	5	3	4	50	20	60	1,4	150	6	3	2	-	80	1,6	150
7	1,0	0,9	0,7	6	4	2	40	62	10	2	160	7	5	3	-	60	1,2	100
8	0,6	0,8	1,5	1	3	5	10	32	18	1,8	200	8	2	1	$\frac{1,5}{-}$	40	1,5	120
9	1,0	0,6	0,9	3	4	2	15	40	10	1,5	120	9	4	3	-	120	2,1	190
10	0,9	1,2	0,8	2	5	3	15	60	20	1,1	120	10	3	2	-	80	1,6	150
11	1,2	1,3	1,1	4,5	3,5	5	45	25	10	2,1	130	11	5	3	$\frac{-}{30}$	90	2	160
12	1,0	0,9	0,6	5	3	4	50	20	20	1,4	140	12	3	2	$\frac{2}{30}$	40	1,8	140
13	1,1	0,8	0,9	6	4	2	50	70	38	2	160	13	4	3	$\frac{-}{30}$	60	1,2	100
14	1,1	0,8	1,5	1	4	6	10	22	80	2	200	14	2	1	$\frac{1,5}{30}$	40	1,5	120
15	1,0	1,5	0,9	3	4	2	25	60	18	1,5	120	15	4	3	$\frac{-}{30}$	120	2,1	190
16	0,9	1,0	1,3	3	5	4	15	25	20	1,1	100	16	3	2	$\frac{-}{30}$	80	1,6	150
17	1,0	1,6	1,1	5	3	4	45	20	10	1,0	100	17	4	3	$\frac{-}{45}$	90	2	160
18	1,0	1,3	0,7	5	3	4	50	20	10	1,4	140	18	3	2	$\frac{1,5}{45}$	40	1,8	140

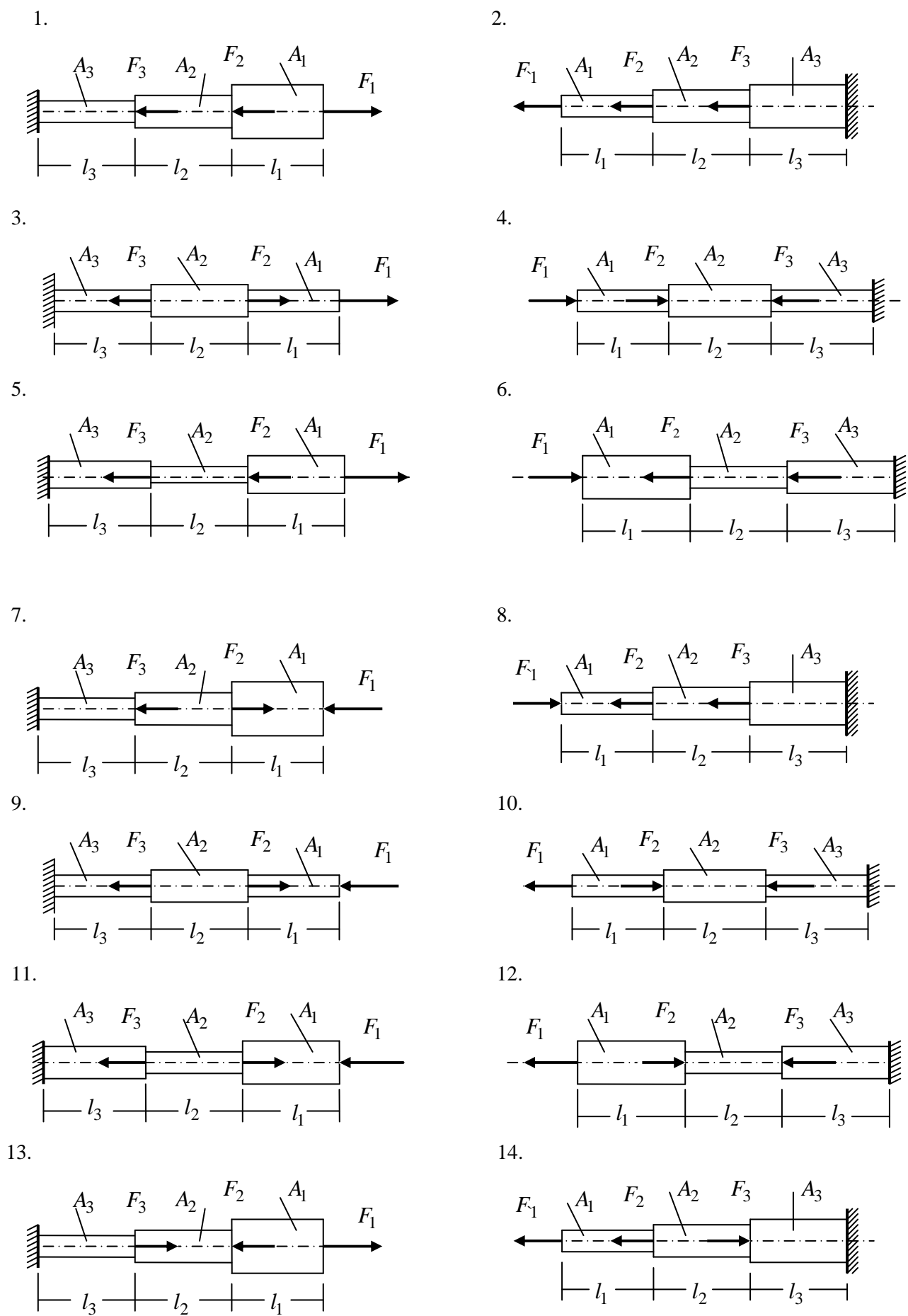
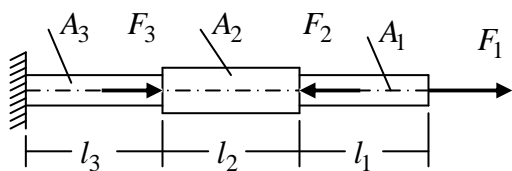
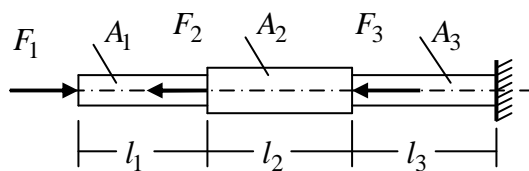


Рис. 10

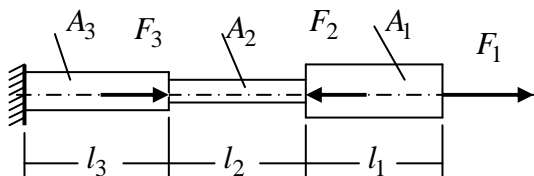
15.



16.



17.



18.

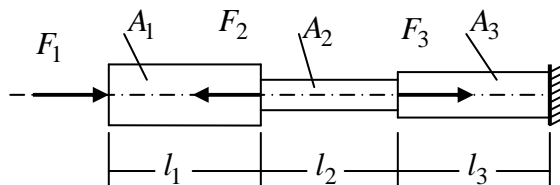
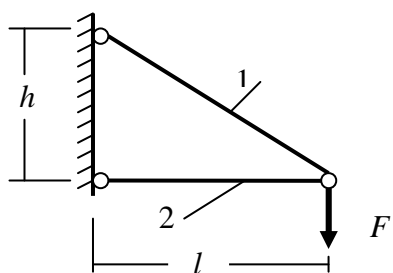
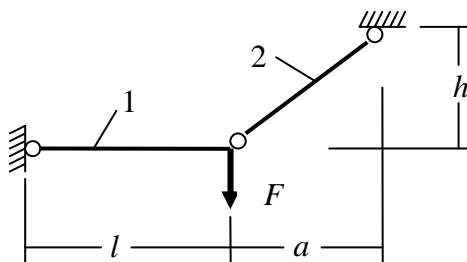


Рис. 10 (закінчення)

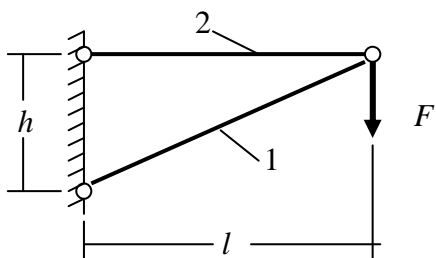
1.



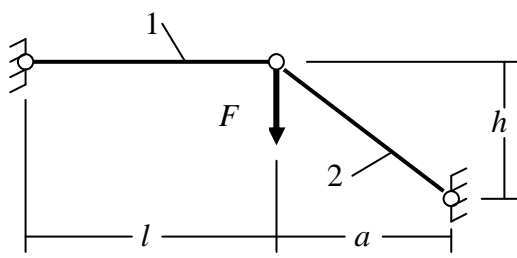
2.



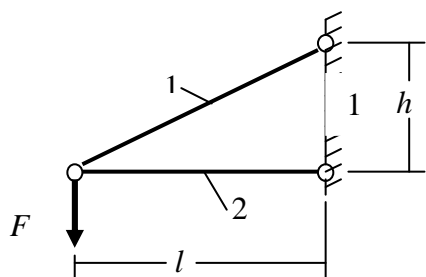
3.



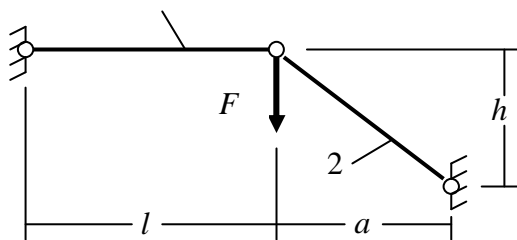
4.



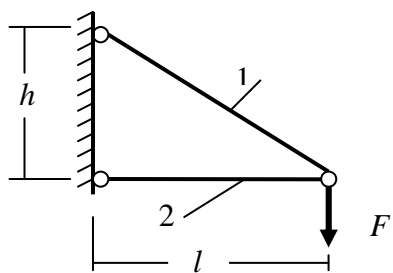
5.



6.



7.



8.

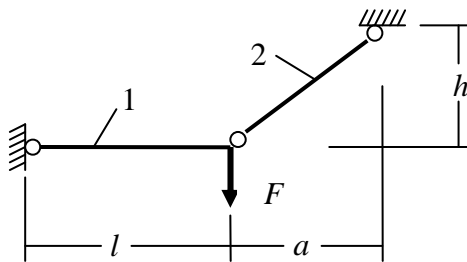
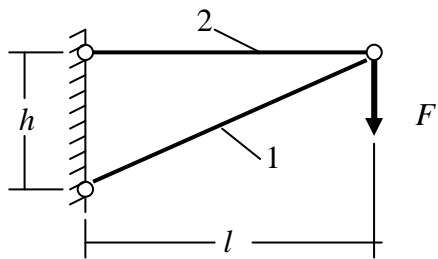
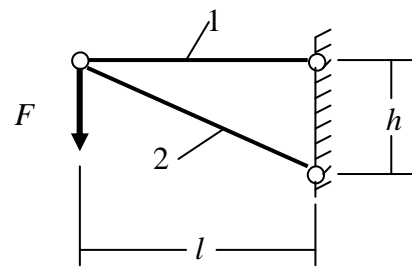


Рис. 11

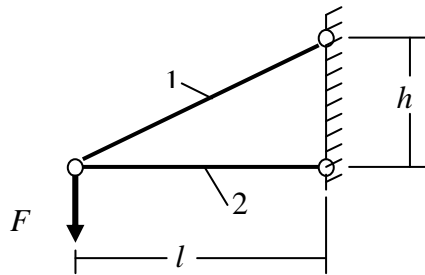
9.



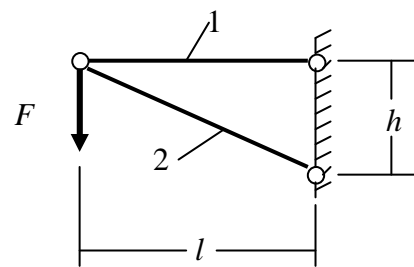
10.



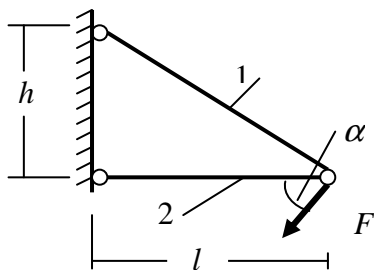
11.



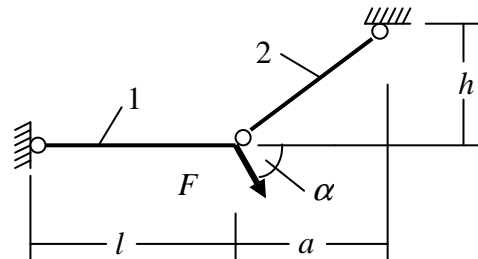
12.



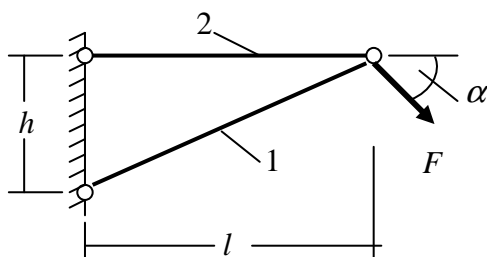
13.



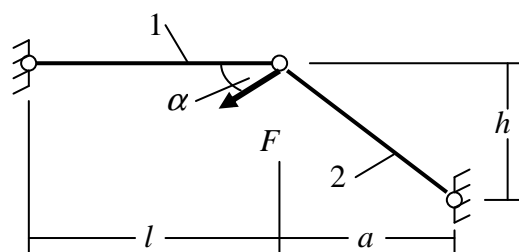
14.



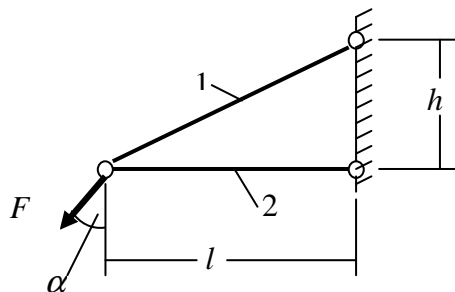
15.



16.



17.



18.

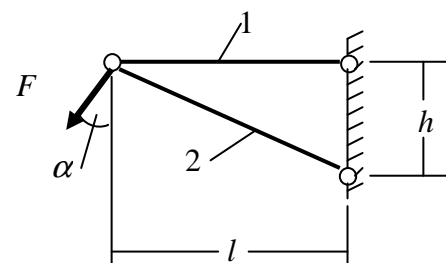


Рис. 11 (закінчення)

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сопротивление материалов: Учеб. для техн. вузов / В.И. Феодосьев . – М. :МГТУ, 2003. – 589 с.
2. Опір матеріалів: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. / Е.Д. Чихладзе, М.А. Веревічева; Х. :ХНАДУ, 2006. – 527 с.
3. Розрахунки на міцність стержнів при центральному розтяганні-стисканні: навч.-метод. посіб. з розд. курсу "Опір матеріалів" для студ. машинобудів. спец. / В. І. Конохов, В. І. Лавінський , В. Л. Хавін; Х. :НТУ "ХП", 2007. – 75 с.
4. Основи опору матеріалів: Навч. посіб. для студ. немех. спец. вищ. навч. закл. / В.І. Шваб'юк; Луцьк :ЛДТУ, 2005. – 277 с.
5. Практикум з опору матеріалів: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / О. В. Савченко; Чернігів :ЧДТУ, 2007. – 316 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки до самостійної роботи, підготовки до практичних занять та виконання розрахунково-графічних і контрольних робіт з курсу опору матеріалів розділу „Розтяг-стиск”(для студентів 2 курсу денної форми навчання за напрямом 6.030601- “Менеджмент” з професійного спрямування «Менеджмент організацій будівництва»).

Укладачі: Микола Андрійович Засядько,
Людмила Іванівна Колодій
Відповідальний за випуск: О.О.Чупринін

Редактор М.З.Аляб'єв

План 2009, поз. 248 М

Підп. до друку 03.09.2009	Формат 60*84 1/16	Папір офісний
Друк на ризографі	Умовн.-друк. арк. 1,0	Обл.-вид. арк. 1,2
Тираж 50 прим.	Замовл. №	

61002, Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12

61002, Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12
Сектор оперативної поліграфії ЦНІТ ХНАМГ